



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE PRESIDENTE MÉDICI
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**



VINÍCIUS GOTARDI ROCHA

**ASPECTOS SANITÁRIOS DAS ÁGUAS DO RIO MACHADO E IGARAPÉS
NA REGIÃO DE PRESIDENTE MÉDICI, RONDÔNIA - INFLUÊNCIA DA AÇÃO
ANTRÓPICA**

**Presidente Médici - RO
2016**



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
CAMPUS DE PRESIDENTE MÉDICI
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**



VINÍCIUS GOTARDI ROCHA

**ASPECTOS SANITÁRIOS DAS ÁGUAS DO RIO MACHADO E IGARAPÉS
NA REGIÃO DE PRESIDENTE MÉDICI, RONDÔNIA - INFLUÊNCIA DA AÇÃO
ANTRÓPICA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia de Pesca da Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Orientadora: Prof.^a Dra. Rute Bianchini Pontuschka.

**Presidente Médici – RO
2016**

Rocha, Vinícius Gotardi

R672a Aspectos sanitários das águas do Rio Machado e igarapés na
2016 região de Presidente Médici, Rondônia – influência da ação antrópica /
Vinicius Gotardi Rocha; orientadora, Rute Bianchini Pontuschka. –
Presidente Médici, 2016
37 f. : 30 cm

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Pesca. –
Universidade Federal de Rondônia, 2016
Inclui referências

1. Qualidade da água - Rondônia. 2. Rios - Rondônia.
4. Preservação do meio ambiente. I. Pontuschka, Rute Bianchini.
II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título.

CDU 628.19(811.1)



VINÍCIUS GOTARDI ROCHA



**ASPECTOS SANITÁRIOS DAS ÁGUAS DO RIO MACHADO E IGARAPÉS
NA REGIÃO DE PRESIDENTE MÉDICI RONDÔNIA - INFLUÊNCIA DA AÇÃO
ANTRÓPICA**

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dra. Rute Bianchini Pontuschka (Orientadora)

Dra. Juliana Ferraz Huback Rodrigues

Me. Ricardo Henrique Bastos de Souza

**Presidente Médici - RO
2016**

A Deus, por tudo que me proporciona na vida.

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho, incentivo, dedicação e espírito de sacrifício demonstrado durante minha formação; muitos valores guardei, muitas vitórias conquistei e estou conquistando!

Agradecimentos

Ao concluir este SONHO, lembro-me de muitas pessoas a quem ressalto reconhecimento, pois, esta conquista concretiza-se com a contribuição de cada uma delas, seja direta ou indiretamente. No decorrer desses anos, vocês colocaram uma pitada de esperança para que neste momento findasse essa etapa tão significativa para mim.

Em primeiro lugar agradeço a Deus todo-poderoso pelo dom de vida que me concedeu e por ter iluminado o meu caminho durante este tempo, por ter me oferecido a oportunidade de viver, evoluir e crescer.

A todos da minha família que, de alguma forma, incentivaram-me na constante busca pelo conhecimento. Em especial aos meus pais Valdeci Coelho e Sueli Gotardi e irmãos Vagner e Viviane Gotardi, por me apresentarem a simplicidade e o gosto da vida, pela compreensão, ajuda e por fazerem dos meus sonhos os seus sonhos.

A todos os meus colegas da 2ª turma do curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal de Rondônia, que durante a graduação, dividiram comigo as dificuldades e os prazeres da vida acadêmica, em especial, João Pablo, Gean, Silmar, Carlos, Acsa, Cleanderson, Aline, Valdeir (vulgo Cagadin), Daiane, Robson (Arame), Ederson (Carrera) e aos demais acadêmicos, pelos agradáveis momentos vividos e pelo grande elo de amizade formado.

A todos os professores do curso de Engenharia de Pesca, que fizeram parte diretamente desta minha trajetória acadêmica, pelos ensinamentos que instigaram minhas reflexões.

À minha professora orientadora Rute, por sua disposição em separar um pouco do seu escasso tempo para me transmitir sua experiência. Sua orientação segura, seu estímulo constante e testemunho de seriedade, permitiram-me concretizar este estudo. Agradeço também pela compreensão de meus limites e ousadias. Foram valiosas suas contribuições para o meu crescimento intelectual e pessoal.

Enfim, meus sinceros agradecimentos!

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser. Mas, graças a Deus, não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

A qualidade da água é alterada à medida que interage com o solo, com a vegetação e com as rochas. Porém, em decorrência do processo de ocupação da bacia hidrográfica, este recurso vem sendo degradado. Neste sentido, objetiva-se com esta pesquisa a verificação da qualidade microbiológica da água em quatro pontos do rio Machado e em três de seus igarapés no município de Presidente Médici, RO, por meio da quantificação de coliformes totais e termotolerantes, bem como inferir sobre a influência da ação antrópica nesses parâmetros ao longo de 10 meses. A metodologia de trabalho seguiu as recomendações da FUNASA, sendo empregado o método no número mais provável (NMP). Foram coletadas amostras mensais no período de setembro de 2014 a junho de 2015 em sete pontos: quatro na calha principal do rio Machado (P1-Cachoeira dos Patos, P3-CAERD, P6-Heparina e P7-Curtume) e em três de seus afluentes (P2-Igarapé Taboca, P4-Igarapé Primavera e P5-Igarapé Leitão), abrangendo os períodos chuvoso e seco. Os valores obtidos foram confrontados com os limites estabelecidos pelo decreto da SEDAM nº 7903/1997 e pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA. O grupo coliforme total esteve presente em todos os pontos com valores acima do estipulado pelo decreto nº 7903/1997. Embora esse grupo ocorra naturalmente no solo, na água e em plantas, os resultados elevados são provenientes da degradação de áreas ao redor do rio para instalação de empresas e da criação extensiva de bovinos. Na avaliação de águas naturais, os coliformes totais têm valor sanitário limitado e se restringem praticamente à avaliação da qualidade da água tratada. Quanto aos coliformes termotolerantes, também estiveram presentes em todos os pontos com teores acima do indicado pela Resolução nº 357/2005, podendo ser oriundos da urbanização irregular dos municípios que o rio Machado corta antes de chegar a Presidente Médici, de comunidades ribeirinhas, de casas de camping e de empresas instaladas às suas margens, que podem estar despejando contaminantes em seu leito. Tanto para os coliformes totais como para os termotolerantes ficou caracterizado que no período de cheia a incidência é maior em todos os pontos, evidenciando o carreamento de impurezas acumuladas durante o período seco. Conclui-se que a ocupação irregular das margens do rio Machado interfere negativamente na qualidade da água do trecho analisado.

Palavras-chave: Afluentes. Coliformes. Qualidade da água.

ABSTRACT

Water quality changes as it interacts with the soil, with vegetation and rocks. However, due to the process of human occupation of areas near rivers and springs, water resources are increasingly degraded. This way, this research aimed to verify the microbiological quality of water at four sampling points of Rio Machado and three of its tributaries in the municipality of Presidente Médici, RO, Brazil through the quantification of total and thermotolerant coliforms, and infer the influence of human action on these parameters over 10 months. Samples were collected monthly in seven points, four in the main channel of Rio Machado (P1 Cachoeira dos Patos, P3-CAERD, P6 and P7-Heparin-Tannery), and three of its tributaries (P2-Igarapé Taboca, P4-Igarapé Primavera e P5-Igarapé Leitão). The methodology followed FUNASA recommendations, using the most probable number method (MPN). Water samples were collected from September 2014 to June 2015, covering the rainy and dry seasons. The values obtained were compared with the limits established by State Law n. 547/1993, and by CONAMA Resolution n.357/2005 and n.274/2000. The total coliforms group was present at all points with values above those stipulated by Law n. 547/1993. Although this group occurs naturally in soil, water and plants, high results come from the degradation of areas around the river owing to the installation of companies and extensive cattle breeding. In the assessment of natural waters, total coliforms are not ideal sanitary indicators and are restricted almost to the evaluation of the quality of treated water. Thermotolerant coliforms were also present at all sampling points with levels beyond those considered acceptable by Resolution n. 357/2005, and may come from the irregular urbanization of the municipalities through which Rio Machado passes before reaching President Medici and from communities, homes, camping and companies located along its banks, which may be dumping contaminants into its waters. We observed that the amount of total and thermotolerant coliforms were higher in all sampling points during the rainy season, as impurities accumulated during the dry season are then drained to the river. We concluded that the illegal occupation of the Rio Machado banks interferes negatively on the water quality of the analyzed stretch of the river.

Keywords: Tributaries. Coliforms. Water quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Importância da água	12
3.2 Qualidade microbiológica da água	12
3.2.1 Coliformes.....	12
3.3 Doenças de veiculação hídrica.....	14
3.4 Legislação vigente.....	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 Área de estudo	17
4.1.1 Clima.....	17
4.1.2 Localização	17
4.1.3 Hidrografia	17
4.2 Coleta	18
4.3 Análises das amostras	21
4.3.1 Preparação do local de trabalho	21
4.3.2 Método de contagem	21
4.3.3 Teste presuntivo	22
4.3.4 Teste Confirmativo (Coliformes Totais).....	23
4.3.5 Teste Confirmativo (Coliformes Termotolerantes)	23
4.4 Considerações sobre legislação e normas aplicáveis	24
4.5 Análise Estatística	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 Coliformes Totais (CT)	26
5.2 Coliformes Termotolerantes (CTo)	31
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

As relevantes e incontáveis aplicações da água demonstram sua importância para a existência e a manutenção da vida. Não somente a quantidade de água existente, mas principalmente sua disponibilidade, ou seja, acesso seguro e suficiente de água potável é requisito fundamental para a sobrevivência. Nesse sentido, é comum a falsa sensação de um recurso natural inesgotável devido à sua abundância no planeta (GISELLI, 2006).

O Brasil encontra-se numa situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos (LIMA, 1999). Entretanto, mesmo dispondo de recurso hídrico abundante, a distribuição espacial desigual no território brasileiro (ANA, 2012) e a má utilização indicam que o país não está livre da ameaça de uma crise de abastecimento nos próximos anos. Essa distribuição é geralmente expressa por região, sendo a região Norte a que possui maior disponibilidade de recursos hídricos, chegando a 68% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2014).

O Estado de Rondônia tem significativa contribuição hidrográfica nesta porcentagem, sendo inserida numa área fluvial com extensão de 1.500Km, destacando-se os rios Madeira, Mamoré, Guaporé e Machado (OTTOBELLI et al, 2006).

A bacia hidrográfica do rio Machado drena a área mais populosa do estado em virtude de sua proximidade com a rodovia BR-364 e tem suas nascentes formadas por dois rios: Comemoração de Floriano e Pimenta Bueno. Possui cerca de 75.400 km² e atravessa o estado no sentido sul-norte, desembocando no rio Madeira (VICTÓRIA et al., 2005).

Ao longo desta bacia, há um grande número propriedades rurais, com predominância de atividades agropecuárias. Esta por sua vez, gera o desmatamento que, conseqüentemente, acelera o processo de erosão, contaminação microbiológica e química dos cursos d'água (MOREIRA et al., 2009). Além disso, esse rio pode receber lançamento de esgoto sem tratamento por parte de populações ribeirinhas, como já noticiado em relação ao município de Pimenta Bueno (ROLNEWS, 2011).

O que se observa atualmente é que o crescimento rápido das cidades não vem sendo acompanhado no mesmo ritmo pelo atendimento de infraestrutura para a melhoria da qualidade de vida, e essa deficiência é comum na maioria das cidades

brasileiras (ROSS, 2003). Além disso, a política de saneamento ambiental seguida é a de canalizar e/ou retificar os rios e córregos. Essa forma de urbanização adotada ao longo desta bacia hidrográfica vem causando muitos problemas ambientais, que trazem consequências também ao homem, como alterações nos regimes hidrológicos, aumento de doenças de veiculação hídrica, assim como efeitos de bioacumulação e biomagnificação de metais pesados (POMPEU et al., 2004).

Para Torres (2009), as bacias constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, os quais acarretam riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e qualidade da água.

Atualmente a água tem sido alvo de discussões quanto à sua poluição, escassez e formas de uso. A utilização da água para um determinado propósito não deve prejudicar os diversos usos possíveis, entre os quais figuram aspectos culturais, atividades recreativas e a preservação da diversidade biológica. Em consequência, surge a necessidade de monitorar os cursos hídricos a fim de disponibilizar informações que permitam propor medidas adequadas de manejo para manter os ambientes aquáticos com qualidade ecológica (STRIEDER et al., 2003).

Indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água. Tipicamente são utilizados organismos encontrados em elevadas concentrações em fezes humanas, quantificados através de métodos simples, como a técnica dos tubos múltiplos (SILVA et al., 2000).

Novas áreas estão em fase de degradação sem que se conheça as características originais das águas superficiais, que são os melhores parâmetros para se medir a qualidade, o grau de impacto e entender os mecanismos que controlam a concentração dos elementos químicos dos igarapés, e caracterizar a lixiviação e a ciclagem química (HORBE et al., 2005).

Diante dos fatos elencados, este trabalho objetiva avaliar a qualidade microbiológica dos recursos hídricos da bacia do rio Machado na região de Presidente Médici.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- ✓ Avaliar a qualidade microbiológica do rio Machado e de três de seus igarapés, no município de Presidente Médici-RO, por meio da quantificação de coliformes totais e termotolerantes.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Quantificar os níveis de contaminação microbiológica (coliformes totais e termotolerantes);
- ✓ Realizar o enquadramento da água do rio Machado e igarapés com os padrões legais; utilizando a resolução CONAMA nº 357/2005 e o decreto nº 7903/1997 da SEDAM;
- ✓ Relacionar a influência da ação antrópica nos parâmetros microbiológicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Importância da água

A água é o constituinte mais abundante na matéria viva, chegando a atingir um percentual médio de 75 % desta e, em certos animais aquáticos, esta proporção sobe para 98 %. A água atua como componente singular do corpo, fazendo parte de todos os tecidos corpóreos, sendo ainda essencial para os processos fisiológicos da digestão, absorção e excreção (PEREIRA et al., 2008).

Assim, a água é fundamental para a manutenção da vida, pois atua como solvente universal, dispersando compostos orgânicos e inorgânicos, sendo indispensável às reações químicas e biológicas que se desenvolvem em todo organismo vivo, atuando como veículo de transporte, reagente e ainda influencia nas transformações moleculares (VON SPERLING, 2005).

Para Martins (2010), a água funciona como um elo de relação mútua entre solo, clima e vida. Entretanto, com a explosão industrial, urbana e agrícola com consequente incremento do consumo da água, esta se tornou mais escassa e mais pobre em qualidade. Segundo Pena (2016), a água já foi protagonista de vários conflitos entre muitos países, como a Turquia e o Iraque pelas águas do Eufrates, vindo a se tornar motivo de preocupação mundial devido ao seu mau uso.

Sendo a água um recurso natural indispensável para o bem-estar e saúde da população, em áreas com saneamento deficiente ou inexistente a contaminação e a falta dos recursos hídricos ocasionam inúmeras doenças, principalmente em crianças subnutridas, cujas defesas estão comprometidas (SALGUEIRO et al., 2008).

3.2 Qualidade microbiológica da água

As características microbiológicas, físicas e químicas das águas naturais decorrem de diversos processos que ocorrem ao longo da bacia hidrográfica, sendo uma consequência da dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005).

3.2.1 Coliformes

A avaliação microbiológica da água é realizada com a pesquisa de bactérias do grupo coliformes, denominados indicadores de qualidade sanitária, devido à dificuldade de se pesquisar microrganismos patogênicos de maneira direta, à

sensibilidade das bactérias quando em baixo número, ou ainda por ter de lançar mão de procedimentos complexos e onerosos (MARTINS, 2010).

A pesquisa de coliformes (totais e termotolerantes) constitui uma das melhores formas de se avaliar a qualidade sanitária da água. Os coliformes veiculados pela água são responsáveis por diversas enfermidades, sendo a diarreia a mais comum. Este grupo é formado por bactérias que incluem os gêneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Citrobacter* (BETTEGA et al., 2006), porém, o grupo inclui uma ampla variedade de gêneros, tais como *Serratia* e *Hafnia* (GUERRA et al., 2006).

Geralmente, na determinação de coliformes, realiza-se a diferenciação entre os de origem fecal e não fecal. Os coliformes “não fecais” ou totais, como a *Serratia* e *Aeromonas*, são encontradas no solo e em vegetais, possuindo a capacidade de se multiplicarem na água com relativa facilidade. No entanto, os coliformes de origem fecal, denominados termotolerantes, não se multiplicam facilmente no ambiente externo e são capazes de sobreviver de modo semelhante às bactérias patogênicas (ZULPO et al., 2006).

Coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos, que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais se encontram tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e de outros animais homeotérmicos, como também diversos gêneros e espécies de bactérias de origem não entérica (SILVA et al., 2005).

Segundo Souza e Perrone (2000) a detecção de coliformes totais nas amostras não é necessariamente indicador de contaminação fecal ou da presença de enteropatógenos. A presença de coliformes totais em recursos hídricos deve ser interpretada de acordo com o tipo de água, devendo ser constatada a ausência destes em águas provenientes de processos de desinfecção (REGO et al., 2010).

Os coliformes termotolerantes, outrora denominados fecais, são um subgrupo dos coliformes totais. São capazes de fermentar a lactose a 44 - 45°C ($\pm 0,2$) em 24 horas produzindo indol a partir do triptofano; apresentam reação oxidase negativa,

não hidrolisam a uréia e apresentam atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucoronidase (GUERRA et al., 2006).

Os coliformes termotolerantes são representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando presente na microbiota intestinal do homem e de animais homeotérmicos, evidenciando diretamente contaminação com fezes, podendo ainda indicar a presença de patógenos entéricos (DUARTE, 2011; CUNHA, et al., 2012). Nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os coliformes termotolerantes são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas ao abastecimento, à recreação, à irrigação e à piscicultura.

3.3 Doenças de veiculação hídrica

A água compõe um importante meio de transmissão de doenças. Historicamente é demonstrado que algumas das mais amplas epidemias que já atingiram as populações, com exceção da peste bubônica, tiveram sua origem na distribuição de água (MATTOS & SILVA, 2002).

Segundo Amaral et al., (2003), os principais causadores de doenças de veiculação hídrica são microrganismos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pelas rotas oral e fecal. De maneira simplificada pode-se dizer que os patógenos são excretados nas fezes de indivíduos infectados, que por sua vez, contaminam a água ou alimento posteriormente consumidos dando continuidade à contaminação.

A perspectiva de infecção de uma doença de veiculação hídrica apresenta distintas características quando comparada à contaminação por agentes químicos, dificultando o estabelecimento de concentrações mínimas de patogênicos. A infecção varia intrinsecamente conforme a virulência do patogênico, a dose infectante e a resistência imunológica do indivíduo (DANIEL et al., 2001).

Em termos da avaliação da qualidade da água, os microrganismos assumem um papel de grande importância devido à sua grande predominância em determinados ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos dejetos ou à sua associação com as doenças ligadas à água (SPERLING, 2005).

As principais doenças de veiculação hídrica de acordo com o Sistema de Água e Esgoto - SAE (2013) e Tortora et al., (2005) são a cólera, febre tifóide e a gastroenterite.

3.4 Legislação vigente

A Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM), através do Decreto N° 7903, de 01 de julho de 1997, regulamenta a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993, que dispõe sobre a proteção, recuperação, controle, fiscalização e melhoria de qualidade do meio ambiente no Estado de Rondônia. Este decreto estabelece limites para o parâmetro coliforme total, de acordo com o previsto no Art.11°.

O parâmetro coliforme termotolerante é estabelecido através da resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Devido ao fato de o estado de Rondônia não possuir Comitê de Bacias, os corpos d'água não possuem enquadramento conforme a Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. Por este motivo, de acordo com o art. 42 dessa resolução, enquanto não aprovados os devidos enquadramentos, as águas doces são consideradas Classe 2. Portanto, os dados obtidos foram qualificados conforme os padrões estabelecidos para essa classe de águas.

A seguir, trechos de algumas legislações com informações referentes aos coliformes.

DECRETO N° 7903, de 01 de julho de 1997

CAPÍTULO I

DA CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA

Art. 7º - As águas interiores situadas no território do Estado de Rondônia, para efeito deste Regulamento, serão classificadas segundo os seguintes usos preponderantes:

III - Classe 2 - as águas destinadas:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à recreação de contato primário;
- c) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas.

Art. 11º - Para águas da Classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da Classe 1, à exceção dos seguintes:

II - a tolerância dos coliformes em água para uso de recreação de contato primário, deverá obedecer o artigo 33 deste Regulamento.

§ 2º - No caso de não haver, na região, meios disponíveis para exames de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais para 100 mililitros em 80% ou mais em 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005

CAPÍTULO III

DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção II - Das Águas Doces

Art. 15º - Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA Nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

4.1.1 Clima

De acordo com o Boletim Climatológico da SEDAM (2002), o município de Presidente Médici possui o clima equatorial quente e úmido. O índice pluviométrico médio anual é de 1950 mm, e mensal de até 320 mm nos meses chuvosos a quase nulos nos meses secos, registrando-se média climatológica da precipitação pluvial para os meses de junho, julho e agosto inferior a 20 mm por mês, com incidência média de 152 dias anuais com chuvas. As temperaturas médias diárias mantêm-se entre 24°C e 26°C o ano inteiro, com máxima média de 30°C - 31°C, mais frequente entre agosto e setembro, e mínima média em torno de 20°C - 21°C.

A bacia hidrográfica do rio Machado, foco do presente estudo, apresenta como clima predominante o equatorial quente, sendo que a maior parte da bacia possui um clima úmido, com período de três meses secos por ano e uma pequena área mais ao norte da bacia, com períodos de um a dois meses secos (LEITE, 2004).

4.1.2 Localização

Presidente Médici está localizada no interior do estado de Rondônia e possui posição geográfica entre a latitude 11°10'33" sul e uma longitude 61°54'03" oeste, estando a uma altitude de 185 metros em relação ao nível do mar, ocupando uma área de 1.758 km². Sua população, estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2014, era de 24 083 habitantes, sendo seus limites: ao norte, Ji-Paraná; ao sul, Castanheira e Nova Brasilândia do Oeste; a leste, Ministro Andreaza e Cacoal; a oeste, Alvorada do Oeste.

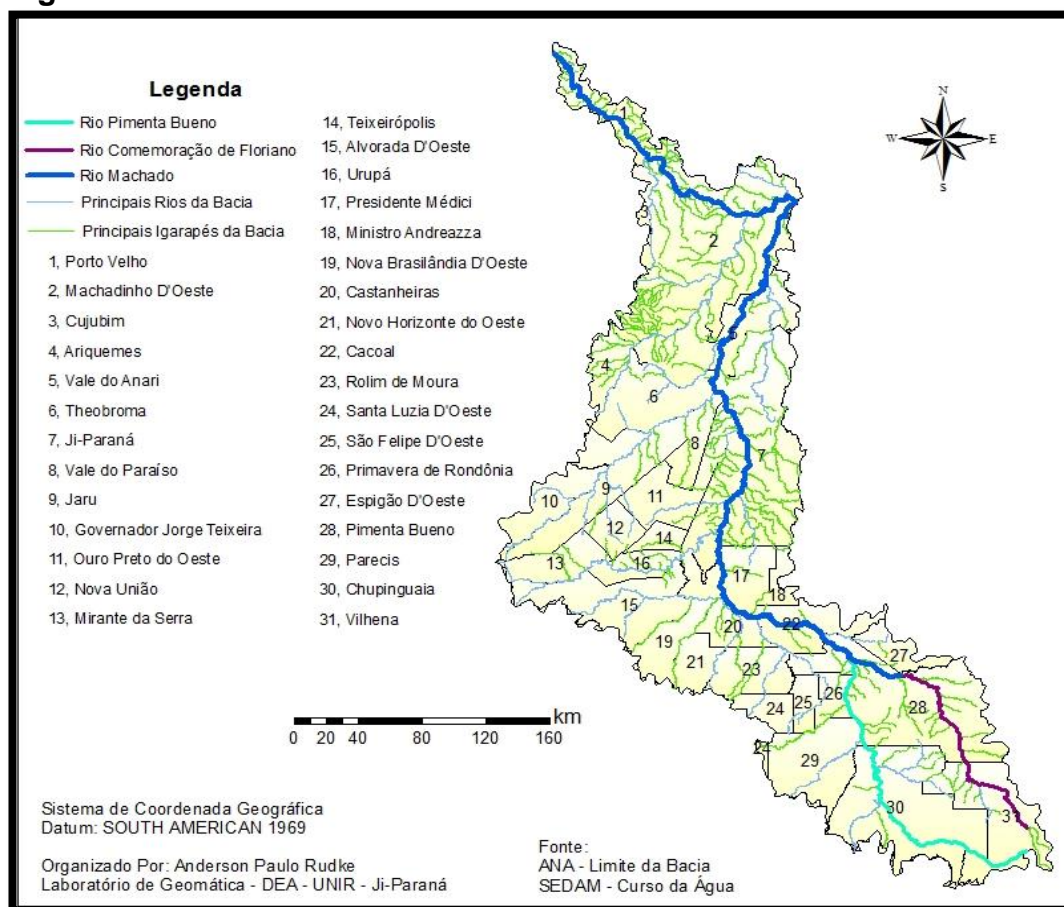
4.1.3 Hidrografia

O município de Presidente Médici está inserido na bacia do rio Machado que, juntamente com outras quatro, formam a bacia principal do rio Madeira, o maior afluente da margem direita do rio Amazonas. A bacia hidrográfica do rio Machado é a que possui a maior extensão territorial do estado. Esta bacia, que corta o estado de norte a sul, compreende 34 municípios rondonienses integral ou parcialmente,

destacando-se ainda que a principal rodovia que cruza o estado, a BR-364, está predominantemente localizada nesta bacia (IBGE, 2005).

O rio Machado ou Ji-Paraná é assim identificado após a confluência dos rios Barão de Melgaço ou Comemoração de Floriano e Pimenta Bueno ou Apediá, nas proximidades da cidade de Pimenta Bueno (Figura 1), estando suas nascentes localizadas no município de Vilhena e, sua foz, situada à margem direita do rio Madeira, próximo à vila Calama (KUNZLER; BARBOSA, 2010).

Figura 1 Bacia do rio Machado



Fonte: ANA – Limite da Bacia e/ou SEDAM – curso da Água

Neste trabalho, a amostragem foi definida por 7 pontos, compreendendo o canal principal e três afluentes, a fim de obter uma amostragem consistente acerca de todas as formas de ocupação.

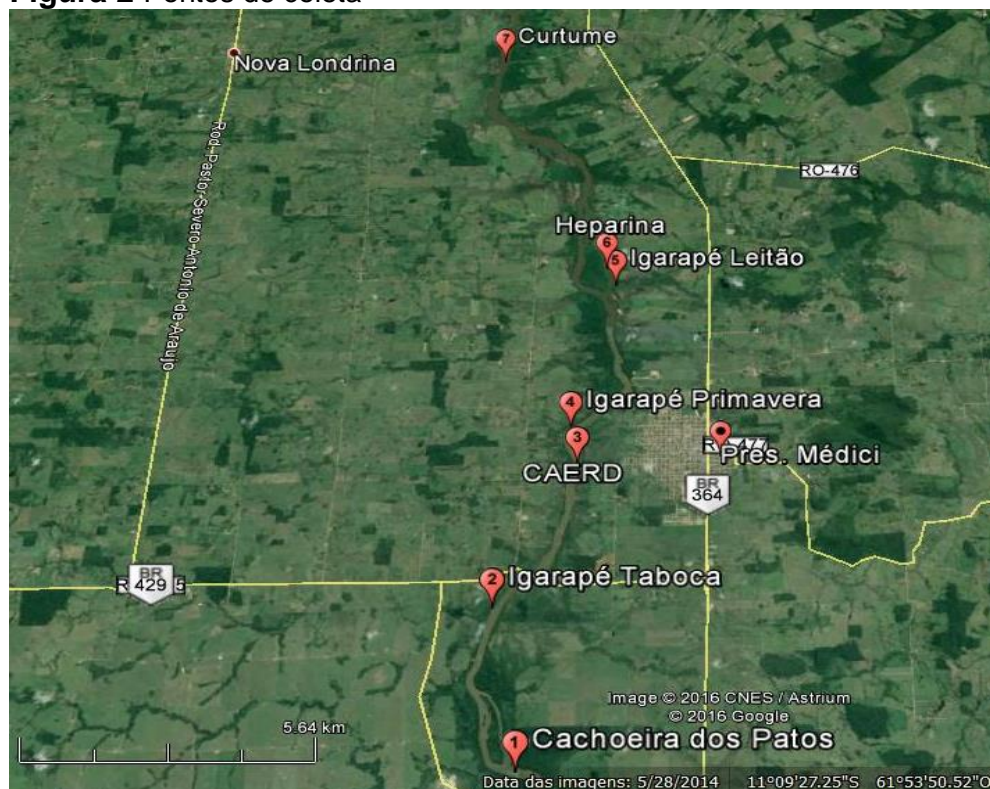
4.2 Coleta

A pesquisa foi desenvolvida pela Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Câmpus de Presidente Médici e as análises realizadas no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Rondônia, Câmpus de Ji-Paraná (IFRO), no

período de setembro de 2014 a junho de 2015. Teve como objetivo a caracterização da área de estudo, definição dos pontos e coleta das amostras de água para análise.

Os pontos de coleta foram estabelecidos a partir do curso do rio Machado e afluentes, baseados na facilidade de acesso e em locais caracterizados como fontes influenciáveis pela ação antrópica, provenientes do ambiente rural e urbano com presença de atividades industriais (Figura 2).

Figura 2 Pontos de coleta



Fonte: Google Earth

Os pontos foram marcados com o *Global Position System* (GPS) da marca Garmin modelo etrex, para a obtenção das coordenadas geográficas (Tabela 1).

Tabela 1 Coordenadas e características dos locais de coleta

Ponto	Descrição	Coordenadas	
P1: Cachoeira dos Patos	Ponto mais afastado da área urbana sentido Cacoal, apresenta um raio de 200 metros de mata ciliar conservada. A área de pastagem mais próxima está localizada na margem direita, a cerca de 250 metros de distância do ponto de coleta. Está a cerca de 700 metros da rodovia Pastor Severo Antônio de Araujo (RO-135).	S	- 11°56.314'
		W	- 61°56.371'

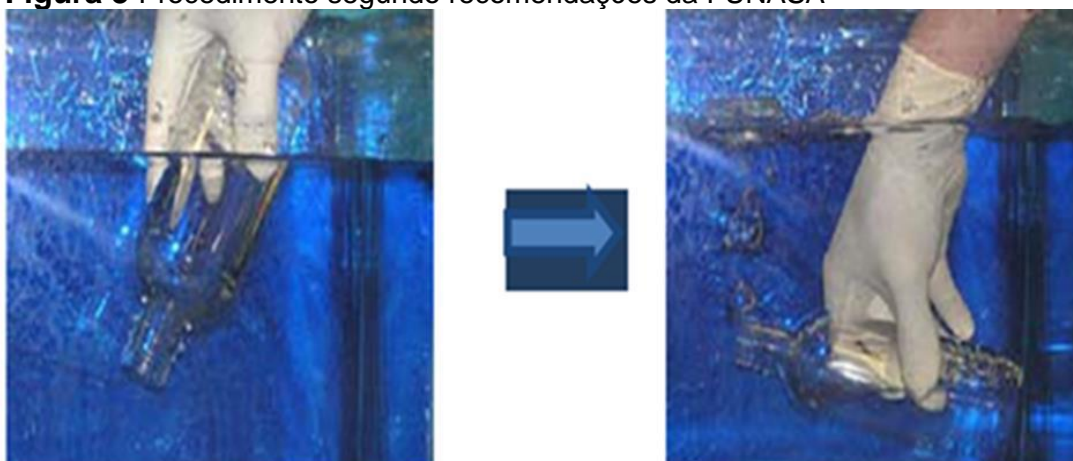
P2: Igarapé Taboca	Na área próxima à calha do rio Machado, apresenta um raio entorno de 150 metros de mata ciliar conservada. A área de pastagem mais próxima está localizada a cerca de 200 metros do ponto de coleta. Quanto à distância das rodovias, está a 750 metros da BR-429 e a 1100 metros da RO-135. O percurso à leste da rodovia RO-135 encontra-se degradado devido à presença de pastagens que atingem suas margens.	S	- 11°12.444'
		W	- 61°56.637'
P3: CAERD	A margem esquerda apresenta uma área de 200 metros de mata ciliar conservada, porém sua margem direita é mais degradada, apresentando apenas 30 metros devido ao fácil acesso ao ponto, muito utilizado para fins de recreação de contato primário. Está a cerca de 750 metros da zona urbana e a 40 metros da presença de área de pastagem.	S	- 11°10.505'
		W	- 61°55.635'
P4: Igarapé Primavera	Na área próxima a calha do rio Machado, apresenta um raio de 140 metros de mata ciliar conservada. A área de pastagem mais próxima está localizada a cerca de 160 metros. A 180 metros encontra-se uma propriedade com atividade agrícola, com cultivo de café.	S	- 11°10.019'
		W	- 61°55.771'
P5: Igarapé Leitão	Na área próxima a calha do rio Machado, em sua margem direita, há cerca de 60 metros de mata ciliar conservada, quanto à margem esquerda a uma incidência de 150 metros de área conservada. Apresenta ao longo de seu leito atividade de extração de areia, incidência de uma suinocultura, balneário e laticínio. Percorre extensa área rural com pequena incidência de mata ciliar, além de cortar a rodovia BR-364. Há 120 metros do ponto de coleta a área de pastagem.	S	- 11°07.846'
		W	- 61°55.298'
P6: Heparina	Margem direita possui cerca de 150 metros de área preservada com incidência de uma lagoa natural. Na sua margem esquerda há uma ilha parcialmente conservada, com uma extensão de 2600 metros aproximadamente e largura de 500 metros baseado no ponto de coleta. A área de pastagem mais próxima está localizada a 190 metros. As lagoas de decantação da empresa estão localizadas na margem direita há cerca de 850 metros da calha principal.	S	- 11°07.520'
		W	- 61°55.398'

P7: Curtume	Margem esquerda apresenta pequena incidência de mata ciliar, com presença de grande área de pastagens. Margem direita possui área superior a 250 metros de mata conservada, porém apresenta uma estrada de acesso às casas de manutenção da tubulação que carrega o efluente industrial da empresa até a calha principal do rio Machado.	S	- 11°03.953'
		W	- 61°56.881'

Fonte: Google Earth, medidas realizadas através da propriedade régua.

Para realização da coleta, seguiram-se as recomendações da FUNASA, ou seja, foram usados frascos de vidro com boca larga, com tampa de plástico rosqueável bem ajustada, previamente esterilizada. A garrafa foi mergulhada com a boca para baixo, de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água (Figura 3), sendo aberta apenas dentro da água (BRASIL, 2006).

Figura 3 Procedimento segundo recomendações da FUNASA



Fonte: Google imagens

Em cada ponto foi retirada uma única amostra de 250 ml. Não foram coletadas amostras próximas à margem nem em áreas estagnadas do rio.

Após a coleta, o frasco foi acondicionado sob-refrigeração e seguiu para análise em no máximo 24 horas.

4.3 Análises das amostras

4.3.1 Preparação do local de trabalho

A área de trabalho foi desinfetada com etanol 70 %. Todos os utensílios e instrumentos usados foram previamente esterilizados em autoclave, estufa de esterilização ou flambados no momento do uso.

4.3.2 Método de contagem

Para a quantificação dos coliformes totais e termotolerantes utilizou-se a técnica do número mais provável (NMP), também conhecida como método dos tubos múltiplos, devido às condições da pesquisa adotou-se série de três tubos, descrito no manual da FUNASA (BRASIL, 2006).

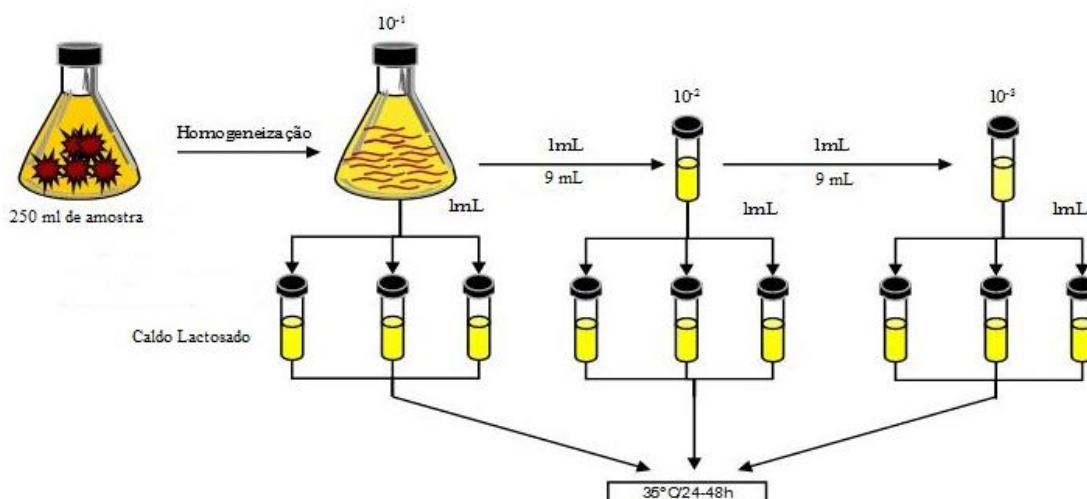
Antes da tomada de amostra, a garrafa contendo água foi homogeneizada.

4.3.3 Teste presuntivo

Segundo Silva et al., (2005), o teste presuntivo avalia a presença de microrganismos fermentadores de lactose, especialmente o grupo dos coliformes. O teste baseia-se na utilização de meio de cultura rico em nutrientes (caldo lactosado), que facilita o rápido crescimento dos microrganismos.

Na primeira etapa (segunda feira), foi realizada a determinação da presença ou ausência de coliformes (Figura 4).

Figura 4 Procedimento do teste presuntivo



Fonte: Google imagens

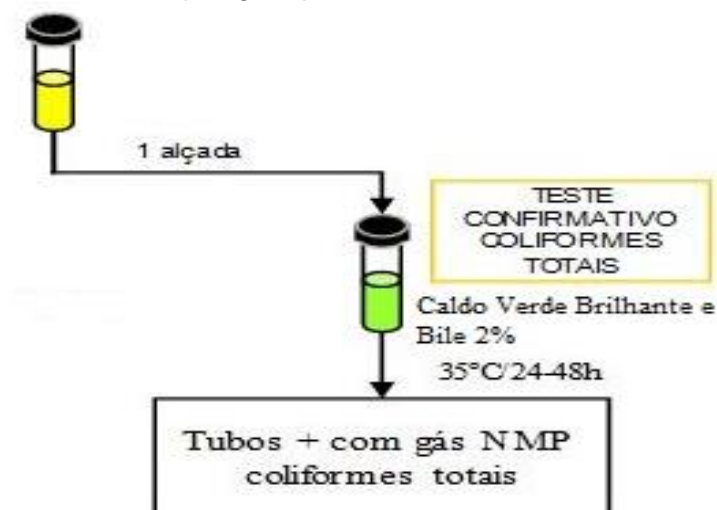
Para cada ponto foram feitas seis diluições, em triplicata. A primeira diluição consistia na transferência de um ml de água da amostra para cada um da série de tubos, em seguida realizava-se homogeneização e posteriormente a segunda diluição, que consiste na transferência de um ml de amostra da primeira diluição para cada um dos três tubos, esse procedimento seguia até a sexta e ultima diluição. Os tubos, contendo tubos de Durham invertidos, foram incubados entre 35 e 37°C por 24 a 48 horas. Transcorrido este tempo, fez-se a leitura (quarta feira), de modo que os que apresentaram formação de gás dentro dos tubos de Durham foram considerados positivos.

4.3.4 Teste Confirmativo (Coliformes Totais)

Para este teste utilizou-se o caldo VB, que contém dois inibidores (bile e o corante verde brilhante, derivado do trifenilmetano) do crescimento da microflora acompanhante, especialmente bactérias gram-positivas. A lactose é a fonte de carboidrato deste meio. Assim, a produção de gás nos tubos de Durhan, nas condições do teste, indica que houve desenvolvimento de bactérias gram-negativas que fermentam lactose, característica do grupo coliforme (MACÊDO, 2004).

Dos tubos que apresentaram formação de gás no caldo lactosado foram retiradas alíquotas com alça microbiológica e semeadas em tubos contendo 9 mL de caldo VB, com tubos de Durhan invertidos (Figura 5).

Figura 5 Procedimento de repicagem para o teste confirmativo de coliformes totais



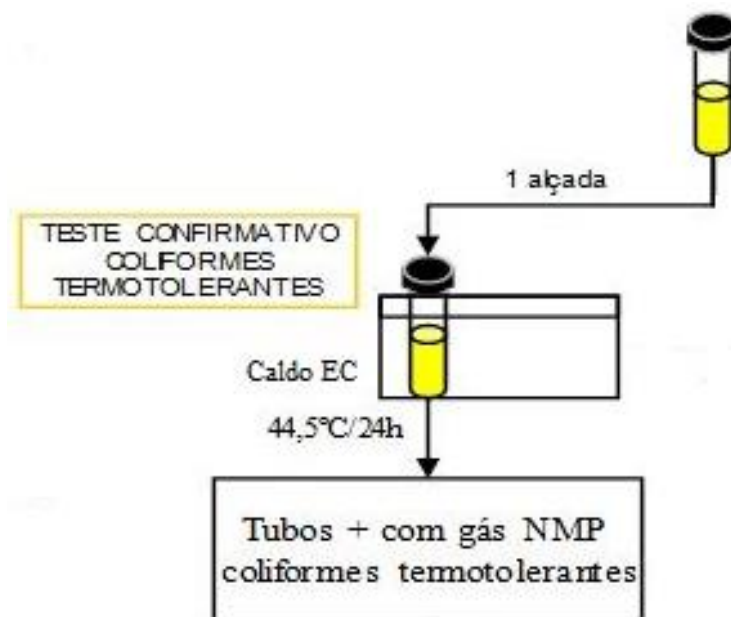
Fonte: Google imagens

4.3.5 Teste Confirmativo (Coliformes Termotolerantes)

Para o teste confirmativo da presença de coliformes termotolerantes utilizou-se o caldo *Escherichia coli* - EC, meio confirmativo para coliformes termotolerantes. Assim como o caldo VB, o caldo EC não deve ser usado para isolamento direto de coliformes, pois é necessário primeiramente um enriquecimento em meio presuntivo para uma boa recuperação dos coliformes termotolerantes (SILVA et al., 2005).

Assim, tomou-se uma alçada do meio de cultura dos tubos positivos para o teste presuntivo, que foram transferidas para tubos contendo caldo EC e incubados em banho-maria a 44,5 - 45°C durante 48 horas. A positividade do teste foi observada pela produção de gás no interior dos tubos de Durhan (Figura 6).

Figura 6 Procedimento de repicagem para teste confirmativo de coliformes termotolerantes



Fonte: Google imagens

4.4 Considerações sobre legislação e normas aplicáveis

A classificação dos corpos d'água foi determinada através da Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) para análise de coliformes fecais, e decreto nº 7903/1997 da SEDAM para análise de coliformes totais. Devido ao fato de o estado de Rondônia, tampouco o município de Presidente Médici não possuírem Comitê de Bacias, os corpos d'água não possuem enquadramento conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Por este motivo, de acordo com o art. 42 dessa resolução, enquanto não aprovados os devidos enquadramentos, as águas doces são consideradas Classe 2. Portanto, os dados obtidos foram qualificados conforme os padrões estabelecidos para essa classe de águas.

Os dados dos parâmetros microbiológicos foram distribuídos entre o período seco e o chuvoso, de acordo com o balanço hídrico climático da região de Presidente Médici, RO, determinaram-se três meses de deficiência hídrica no solo (junho, julho e agosto) e com o excedente entre os meses de outubro a abril, sendo os meses de setembro e maio de transição (SEDAM, 2002). A partir desta classificação foram calculados os valores médios de coliformes entre o período seco e chuvoso em cada ponto de amostragem. Outro comparativo adotado foi à diferenciação entre pontos em relação às análises mensais.

4.5 Análise Estatística

Todas as análises foram realizadas considerando-se o tempo de preservação para cada parâmetro e os resultados obtidos foram submetidos à ANOVA (*Analysis of Variance*) e teste de Tukey para verificar se os dados obtidos nos pontos referentes a áreas mais preservadas diferiam estatisticamente dos dados obtidos nos pontos que sofrem interferências antrópicas mais intensas. O tratamento adotado foi à comparação entre os pontos, mensalmente ao longo da pesquisa.

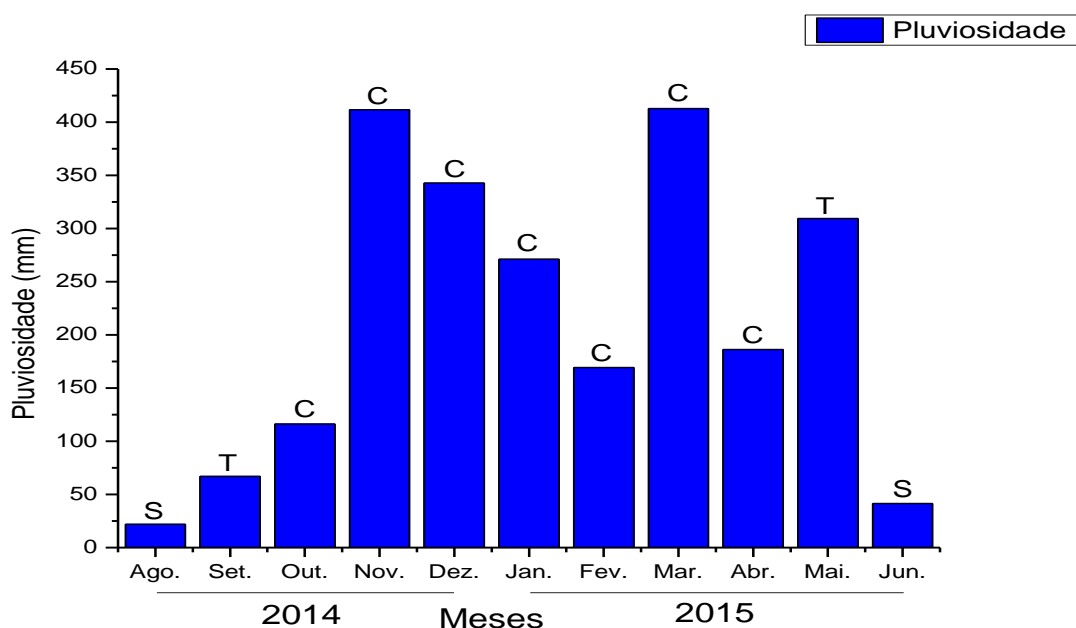
Para isso, estabeleceu-se como hipótese nula (H_0), ou seja, que a incidência de coliformes nos pontos estudados são iguais, e como hipótese alternativa (H_1), que os mesmos diferem entre si. O critério de decisão foi baseado em um nível de significância (α) de 0,05.

Os resultados das contagens de coliformes totais e termotolerantes foram convertidos em \log_{10} . Os dados obtidos foram novamente submetidos à análise de variância e teste Tukey para avaliação da qualidade destas águas em períodos de amostragem distintos (chuvoso e seco), empregando-se o programa OriginPro 8.5, para determinar o período de maior incidência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo acompanharam-se os índices pluviométricos no município de Presidente Médici ao longo dos meses de coleta. Estes índices se apresentaram de forma atípica, com chuvas durante todo o ano. Segundo a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM (2002), o período chuvoso normalmente ocorre de outubro a abril, e o período mais seco em junho, julho e agosto, sendo maio e setembro meses de transição. No presente estudo o mês de setembro foi incluído no período de seca devido à similaridade de seu índice pluviométrico com o referido período, e o mês de maio como pertencente ao período chuvoso em virtude do elevado índice de pluviosidade observado, chegando a ser maior do que o ocorrido em meses típicos do período das águas (Gráfico 1).

Gráfico 1 Dados pluviométricos da região de Presidente Médici/RO



Delineamento da SEDAM, letras indicando respectivo período: C - chuvoso, S - seca e T - transição

Fonte: EMBRAPA – Presidente Médici

5.1 Coliformes Totais (CT)

Os resultados obtidos da análise de coliformes totais mostraram que 41 das 70 amostras obtidas estavam em desacordo com o decreto nº 7903/97 da SEDAM, que estabelece no Art. 11º - para águas doces de classe 2: “No caso de não haver, na região, meios disponíveis para exames de coliformes termotolerantes, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais para 100 mililitros em 80 % ou mais em pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês”.

Ao se avaliar cada ponto individualmente, todos se encontravam fora do estipulado pelo decreto da SEDAM. Pode-se destacar os pontos 1 (Cachoeira dos Patos), 4 (Igarapé Primavera) e 5 (Igarapé Leitão), que tiveram de 70 a 80% dos resultados acima do recomendado pela legislação.

As taxas de coliformes totais apresentaram-se mais altas nos meses de novembro de 2014 e janeiro de 2015, porém os meses com maior incidência pontual foram novembro de 2014, fevereiro e abril de 2015 (Tabela 2).

Tabela 2 Valores mensais de coliformes totais por ponto de amostragem

Pontos	Coliformes Totais									
	Set.14	Out.14	Nov.14	Dez.14	Jan.15	Fev.15	Mar.15	Abr.15	Mai.15	Jun.15
1	*1,5x10 ⁴	*1,5x10 ⁵	*9,3x10 ³	3,5x10 ³	*1,2x10 ⁵	*1,1x10 ⁴	*1,1x10 ⁴	*1,1x10 ⁴	*2,1x10 ⁴	4,6x10 ³
2	2,3x10 ²	*1,1x10 ⁵	*4,6x10 ⁵	*4,6x10 ⁴	2,4x10 ³	2,8x10 ³	4,6x10 ³	*1,1x10 ⁵	*1,5x10 ⁴	4,6x10 ³
3	9,3x10 ²	4,6x10 ³	*4,6x10 ⁵	*1,1x10 ⁴	*1,1x10 ⁵	*1,5x10 ⁴	4,3x10 ²	*1,1x10 ⁴	*1,5x10 ⁴	1,5x10 ³
4	*1,1x10 ⁴	*9,3x10 ⁴	*1,5x10 ⁶	*1,1x10 ⁴	*1,1x10 ⁵	*1,1x10 ⁴	9,3x10 ²	1,5x10 ³	2,1x10 ³	*2,1x10 ⁴
5	*9,3x10 ³	*1,5x10 ⁴	4,3x10 ³	*1,1x10 ⁴	*4,6x10 ⁵	*1,1x10 ⁵	3,5x10 ³	*1,5x10 ⁴	*1,1x10 ⁴	2,1x10 ³
6	4,3x10 ²	3,5x10 ²	*1,5x10 ⁵	1,5x10 ³	4,3x10 ²	*1,1x10 ⁴	2,4x10 ³	*2,1x10 ⁴	*1,5x10 ⁴	9,3x10 ²
7	9,2x10 ¹	4,6x10 ³	*3,6x10 ⁵	3,6x10 ²	*1,1x10 ⁴	*4,6x10 ⁴	2,1x10 ³	*4,6x10 ⁴	1,5x10 ³	1,5x10 ³

O símbolo * indica amostragem com valor superior ao estipulado pelo decreto nº 7903/97

Fonte: dados de pesquisa 2014/15

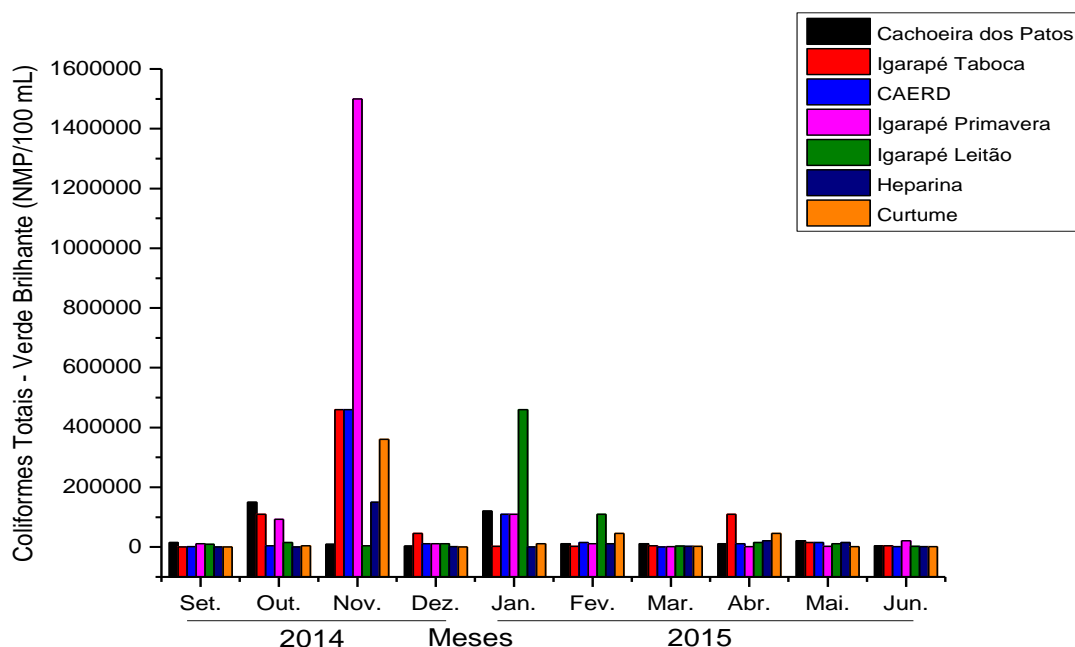
O alto índice pluviométrico nesses meses pode ter interferido na qualidade dos corpos d'água pelo carreamento de microrganismos depositados no solo pelo gado.

Barbosa (2012) ao estudar a bacia hidrográfica do Rio Pirarara, afluente do Rio Machado, no município de Cacoal - Rondônia encontrou índices de coliformes totais que variaram entre 1635 NMP/100 ml e 5930 NMP/100 ml. No presente estudo 41 das 70 amostras encontravam-se acima dos valores indicados por Barbosa (2012), estes por sua vez variaram entre 9300 NMP/100 ml e 1500000 NMP/100 ml.

Em estudo realizado por Zuffo et al. (2013) nas bacias hidrográficas do Mamoré, Madeira, Jamari, Machado e Guaporé, atestaram a presença de coliformes totais que variaram de 500 a 1600 NMP/100 ml. Na presente pesquisa 55 das 70 amostras encontravam-se acima dos valores indicados por Zuffo et al. (2013), tais valores variaram entre 2100 NMP/100 ml e 1500000 NMP/100 ml.

Estatisticamente, ao aplicar a ANOVA (*Analisis of Variance*) fator único, não foi encontrada diferença significativa ($p>0,05$) ao correlacionar os valores de coliformes totais entre diferentes pontos de coleta (Gráfico 2).

Gráfico 2 Valores de coliformes totais nos pontos de amostragem



Fonte: dados de pesquisa 2014/15

No que se refere à interpretação dos valores dos pontos no mês de maior incidência (novembro), o Igarapé Primavera e CAERD podem ter sofrido influência da sua localização, próxima a áreas urbanas, podendo ainda a contaminação ter sido proveniente da degradação ocorrida ao seu envolto, devido ao desenvolvimento de atividade agropecuária. Outro agravante do ponto CAERD é o fácil acesso, que permite sua utilização para recreação de contato primário (banhistas). Quanto ao Igarapé Primavera, cabe destacar a incidência de atividade agrícola próxima ao seu leito.

O Igarapé Taboca tem seu curso localizado em área rural, tendo como atividade principal, a criação extensiva de bovinos. Dentre os afluentes analisados, é o que apresenta maior conservação da mata ciliar, proximamente a calha do rio Machado, porém a atividade agropecuária ao seu redor favorece o carreamento para o córrego de microrganismos depositados no solo pelo gado, principalmente a área a leste da rodovia RO-135, pois não há incidência de mata ciliar em suas margens. Esta questão de elevada incidência de atividade agropecuária também se aplica à região próxima ao Curtume. Outra questão verificada no Igarapé Taboca é, além de

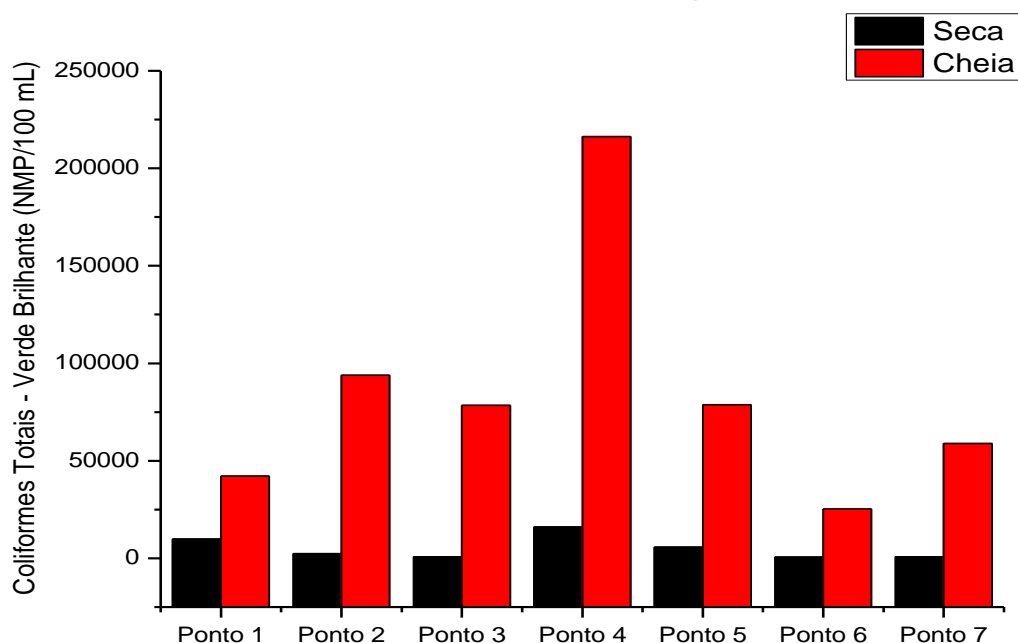
sua pequena calha, a sua limitada capacidade de depuração, que provoca o acúmulo dos contaminantes carregados para o seu leito.

O ponto próximo ao Curtume pode ainda estar sofrendo influência das fossas implantadas por uma Associação conhecida como Pelicano em uma de suas margens, pois não se sabe ao certo se estão corretamente vedadas. Com relação ao próprio curtume, não há conhecimento se há tratamento realizado pela empresa em seus efluentes industriais, nem se estes influenciariam nos teores de coliformes.

Segundo Amaral et al., (2003), o dejetos bovino depositado no solo representa risco de contaminação das fontes de água, uma vez que esses animais são reservatórios de diversos microrganismos.

A agricultura e a pecuária são atividades economicamente indispensáveis na produção de alimentos. Tanto uma quanto a outra tem o espaço físico como uma necessidade imediata. Isso faz do desmatamento a primeira consequência, seguido da deposição de resíduos agrícolas e animais, resultando em alterações no meio ambiente. Outra prioridade para a agricultura e pecuária é o suprimento de água, o que conduz o desenvolvimento dessas atividades proximamente a rios e lagos, como verificado nos pontos de amostragem. Atividades de forrageamento intensivo ou semi-intensivo bem como o manejo agrícola com o uso de produtos que visam o aumento da produção, desgastam gradualmente o solo exposto a escoamentos superficiais da água da chuva. Nos dois casos há entrada adicional de material edáfico (componentes do solo) que carrega matéria orgânica, inorgânica e eventuais compostos químicos. Essas alterações químicas e ecológicas no sistema aquático conduzem ao desequilíbrio dos corpos d'água, provenientes da ação antrópica (CARVALHO et al., 2000).

Tendo como base a ANOVA e posteriormente o teste Tuckey, compararam-se os períodos (seca e cheia) em relação aos pontos, constatando-se diferença significativa ($p < 0,05$). Ficou, então, caracterizado que no período de cheia a incidência de coliformes totais foi maior em todos os pontos de amostragem (Gráfico 3).

Gráfico 3 Valores médios de coliformes totais nos períodos de seca e cheia

Fonte: dados de pesquisa 2014/15

A presença em elevadas quantidades de coliformes totais é comum em rios que passam por locais densamente urbanizados, como destacado por Wilbers et al., (2014) que, estudando o rio Mekong no sul do Vietnã, observaram maiores concentrações de coliformes totais em pontos localizados dentro de áreas urbanizadas. Quanto à região de Presidente Médici, os pontos localizados dentro de áreas urbanizadas (CAERD e Igarapé Primavera), podem ter sofrido influência do elevado índice pluviométrico no período em estudo, que provoca o carreamento de contaminantes de origem difusa.

Segundo Vasconcelos et al., (2002) mostraram que houve correlação positiva significativa entre o índice de coliforme total e precipitação pluviométrica. Também Emiliani e Gonzalez (1998) afirmam que o número de coliformes está diretamente relacionado ao nível hidrométrico (período chuvoso), devido ao carreamento de matéria orgânica e inorgânica, que propicia elevada concentração de nutrientes favorecendo o desenvolvimento de bactérias.

É importante lembrar que a presença de coliformes totais, em alguns casos, pode não ser indicativa de contaminação fecal porque participam deste grupo bactérias cuja origem direta não é exclusivamente entérica. Cabe destacar que o parâmetro coliformes totais ocorrem naturalmente no solo, na água e em plantas. Por isso, na avaliação da qualidade de águas naturais, os coliformes totais têm valor

sanitário limitado e sua aplicação restringe-se praticamente à avaliação da qualidade da água tratada e distribuída (BASTOS, 2000).

5.2 Coliformes Termotolerantes (CTo)

Os resultados obtidos nas análises de coliformes termotolerantes mostraram que 40 das 70 amostras estavam em desacordo com a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA, que no capítulo III, artigo 14, refere-se às águas doces classe 2, estabelecendo quanto aos coliformes termotolerantes: “não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80 % ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral”. Ao se confrontar esta resolução com os resultados aqui obtidos, constatou-se que apenas no mês de junho de 2015 todos os pontos estiveram em conformidade com o exigido. Já no mês de fevereiro de 2015, todos estiveram fora dos limites estipulados pela legislação.

Comprova-se ainda que todos os pontos estavam impactados do ponto de vista dos coliformes termotolerantes, sendo o ponto 4 (Igarapé Primavera) o que apresentou menor incidência de valores acima dos estipulados pela legislação.

Cabe destacar que mesmo verificando os maiores valores no mês de novembro de 2014, os meses com maior incidência pontual fora dos limites foram janeiro, fevereiro, março e maio de 2015 (Tabela 3).

Tabela 3 Valores mensais de coliformes termotolerantes por ponto de amostragem

Pontos	Coliformes Termotolerantes									
	Set.14	Out.14	Nov.14	Dez.14	Jan.15	Fev.15	Mar.15	Abr.15	Mai.15	Jun.15
1	4,3x10 ²	*2,1x10 ⁵	9,3x10 ²	4,3x10 ²	*1,2x10 ⁵	*1,1x10 ⁴	*1,1x10 ⁴	*4,6x10 ³	*4,6x10 ³	9,3x10 ²
2	9,2x10 ¹	*1,1x10 ⁵	*4,6x10 ³	*4,6x10 ⁴	*2,4x10 ³	*2,8x10 ³	*2,1x10 ³	*2,1x10 ⁴	*1,5x10 ³	4,3x10 ²
3	3x10 ¹	*2,4x10 ³	9,2x10 ¹	*4,6x10 ³	*1,1x10 ⁵	*1,5x10 ⁴	*2,4x10 ³	*1,5x10 ³	*1,1x10 ⁴	4,3x10 ²
4	9,3x10 ²	9,3x10 ²	*3,5x10 ⁵	1,5x10 ²	*1,1x10 ⁵	*1,1x10 ⁴	4,3x10 ²	4,3x10 ²	7,5x10 ²	9,3x10 ²
5	*4,3x10 ³	3,5x10 ²	*1,1x10 ⁵	3,6x10 ²	*3,6x10 ⁴	*1,1x10 ⁵	*2,9x10 ³	4,3x10 ²	*1,1x10 ⁴	3x10 ¹
6	3x10 ¹	6,1x10 ¹	*2,1x10 ⁵	4,3x10 ²	4,3x10 ²	*1,1x10 ⁴	*2,1x10 ³	3,6x10 ²	*2x10 ³	2,1x10 ²
7	3x10 ¹	7,5x10 ²	*2,8x10 ⁵	2x10 ²	*1,1x10 ⁴	*2,4x10 ⁴	*1,2x10 ³	*1,5x10 ³	*1,5x10 ³	2,3x10 ²

O símbolo * indica amostragem com valor superior ao estipulado pela resolução CONAMA nº 357/05

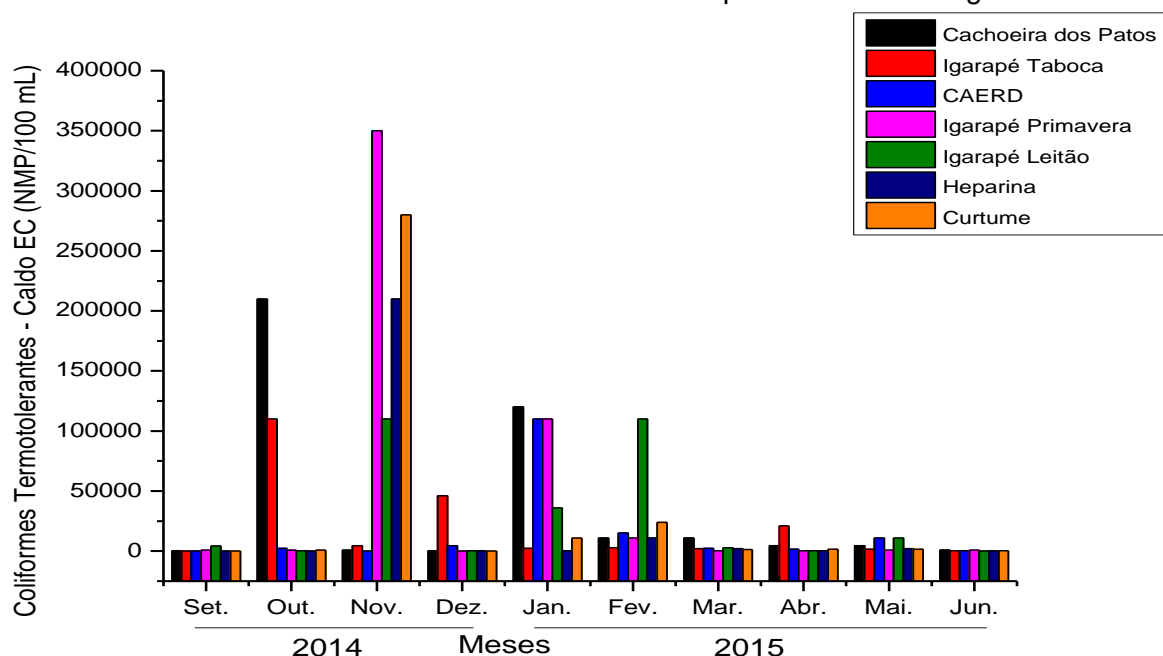
Fonte: dados de pesquisa 2014/15

O maior aporte pontual nos meses destacados, não corrompe o argumento de que sua incidência é devido ao alto índice pluviométrico, pois este período provoca aumento da calha, que vare tanto a área rural quanto urbana, provocando em muitos casos o transbordamento de fossas implantadas em locais irregulares.

De acordo com Motta et al., (2000), o grupo dos coliformes termotolerantes, cujo habitat geralmente é o trato intestinal do homem, indica contaminação de origem ambiental e fecal.

Estatisticamente, ao aplicar a ANOVA (*Analisis of Variance*) fator único, não foi encontrada diferença significativa ($p>0,05$) ao correlacionar os valores de coliformes termotolerantes entre diferentes pontos de coleta (Gráfico 4).

Gráfico 4 Valores de coliformes termotolerantes nos pontos de amostragem



Fonte: dados de pesquisa 2014/15

No mês de outubro foi verificada maior incidência de coliformes termotolerantes nos pontos Igarapé Taboca e Cachoeira dos Patos, devido a chuvas pontuais características do início do período chuvoso, pois as primeiras chuvas carregam enormes quantidades de contaminantes de origem difusa, conforme já abordado por Emiliani & Gonzalez (1998).

O ponto Cachoeira dos Patos pode estar sendo influenciado pela urbanização irregular dos municípios que o rio Machado corta antes de chegar a Presidente Médici (Pimenta Bueno, Cacoal), pois conforme Rolnews (2011) esse rio pode receber lançamento de esgoto sem tratamento por parte de populações

ribeirinhas, como já noticiado em relação ao município de Pimenta Bueno, assim como da comunidade instalada na antiga balsa de Castanheira.

Em relação ao Igarapé Taboca, como já citado, mesmo que haja uma contaminação em quantidade menor que nos demais pontos, o fato de ter baixo poder de depuração e a consequente ocorrência do acúmulo potencializa a concentração de coliformes neste ponto.

No mês de novembro a maior incidência foi nos pontos sequenciais Igarapé Primavera, Igarapé Leitão, Heparina e Curtume. Esta elevada quantificação pode ser proveniente da proximidade desses pontos e/ou ainda devido a fatores individuais.

Os maiores valores ocorridos no Igarapé Primavera no mês de novembro pode ser devido à ausência de tratamento de esgoto no município. Pode-se ainda mencionar a provável influência da comunidade instalada em sua proximidade, localizada na primeira linha.

O Igarapé Leitão pode estar sendo influenciado pela implantação de uma suinocultura, balneário e casas nas proximidades de seu leito, estas por sua vez apresentam fossas sépticas e quando não alocadas em locais apropriados, podem transbordar no período chuvoso. Há denúncias de que empresas estariam descartando contaminantes em sua calha, porém, não há conhecimento tanto da natureza de tais despejos nem confirmação do fato.

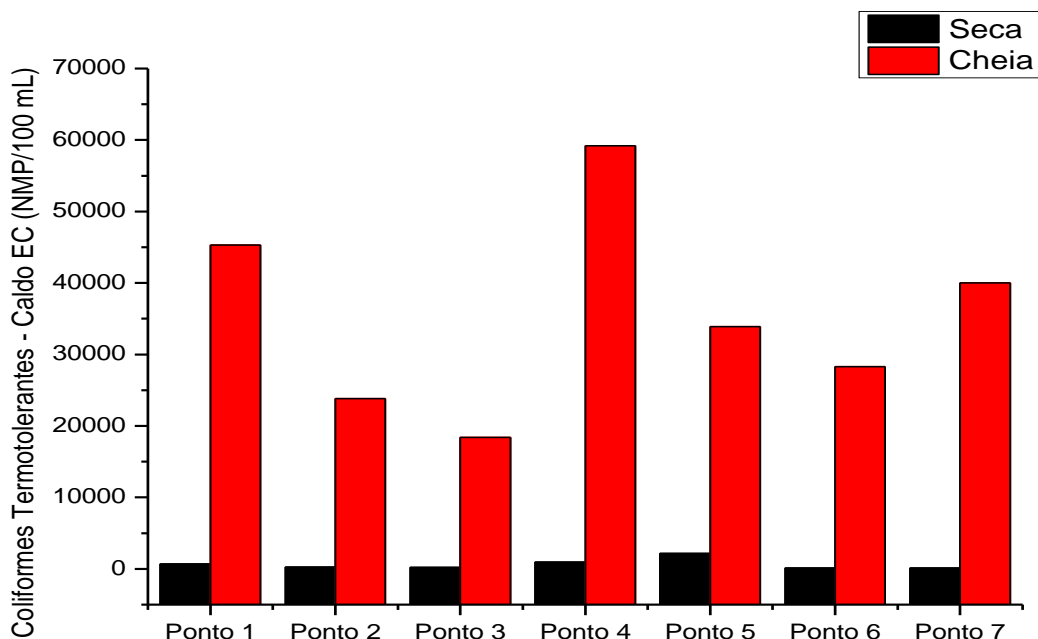
O ponto Heparina apresentou elevada concentração no mês de novembro, podendo ser proveniente da acumulação dos pontos anteriores ou por influência da empresa de extração de areia e da Associação Pelicano, ambas localizadas nas suas proximidades. Não há conhecimento se estes empreendimentos possuem banheiro químico ou banheiro séptico corretamente vedado. De qualquer forma, ambos estão localizados em faixa alagável, o que dificulta a implantação de fossas sépticas. Quanto ao curtume, os valores encontrados nesse ponto podem ser decorrentes do acúmulo do ponto anterior (Heparina). No que tange à própria empresa, não há conhecimento pertinente à composição do seu descarte, impedindo assim alguma afirmação de seus efeitos na bacia.

A influência do homem neste parâmetro pode estar vinculada à ocupação desordenada e irregular de suas margens.

Ao se correlacionar os períodos de seca e cheia, através da ANOVA constatou-se diferença significativa ($p < 0,05$). Assim como para os coliformes totais,

ficou caracterizado que no período de cheia a incidência de coliformes termotolerantes é maior em todos os pontos de amostragem (Gráfico 5).

Gráfico 5 Valores médios de coliformes termotolerantes nos períodos de seca e cheia



Fonte: dados de pesquisa 2014/15

Alguns estudos que avaliaram a qualidade da água para fins recreativos indicaram que durante a estação chuvosa há um aumento na quantidade principalmente dos termotolerantes (MORAIS e SILVA, 2012; LOPES e MAGALHÃES JR, 2011).

Ao avaliarem a qualidade sanitária através da ocorrência de coliformes em águas superficiais do Rio Una - São Paulo, durante o período das chuvas, Silva e Ueno (2008) encontraram elevados valores de coliformes termotolerantes. Esse resultado estava relacionado à ocupação urbana instalada sem planejamento na região. Tais resultados corroboram com o presente estudo, em relação à ocupação irregular das margens do rio Machado, assim como a maior incidência no período chuvoso.

Carvalho et al., (2012), ao estudarem os efeitos dos impactos do meio urbano na qualidade da água do canal São Joaquim, Belém do Pará, constataram valores de até 11×10^5 NMP/mL de coliformes termotolerantes. Segundo os autores, estes valores estão relacionados ao processo de urbanização sem planejamento e nenhuma preocupação sanitária, o que ocasionou o despejo de lixo e efluentes domésticos e industriais na sub-bacia do canal São Joaquim.

Segundo Mattos & Silva (2002), a falta de estrutura sanitária e principalmente o manejo inadequado de dejeções humanas são os fatores mais importantes de contaminação dos recursos hídricos.

6 CONCLUSÃO

Em relação aos coliformes totais, todos os pontos apresentaram valores acima do estipulado em mais de 20% das amostras, extrapolando o recomendado pelo decreto nº 7903 de 01 de julho de 1997 da SEDAM.

Para os coliformes termotolerantes, foi verificado desacordo com o recomendado pela resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe 2, de forma que todos os pontos apresentaram valores acima do recomendado.

O período chuvoso provocou maiores densidades de coliformes totais e termotolerantes.

Somando-se à ausência de saneamento no município, parte da atividade humana na região estudada é vinculada à implantação de atividade agropecuária e à instalação de empresas e outras construções às margens do rio Machado, ocasionando um maior aporte de nutrientes, com consequente aumento da contaminação por bactérias.

A importância deste estudo indica que há cada vez mais a necessidade de gerar informações sobre a qualidade das águas no estado de Rondônia. Portanto, observaram-se condições de qualidade no rio Machado que variaram no espaço e no tempo e que são informações importantes para subsidiar tecnicamente os representantes locais quanto a possíveis captações e abastecimento público no futuro, servindo também de grande valia no meio técnico-científico. Essas informações indicam que há a necessidade de tratamento dos esgotos produzidos pela população local, pois esses acarretam grandes impactos nestes corpos hídricos prejudicando o ecossistema aquático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L. A. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v.37. n.4. p.510-514, 2003.
- ANA – **Agência Nacional das Águas** – www.ana.gov.br, acessada em 15 de abril de 2016.
- BARBOSA, L. S. **Análise da qualidade da água e o processo de uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica do Rio Pirarara no município de Cacoal-Rondônia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra (NCET), Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 147f. 2012.
- BASTOS, R. K. X. et al. Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 27, 2000, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.
- BETTEGA, J. M. P. R; MACHADO, R. M; BANISK, G; BARBOSA, C. A. **Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciência e Agrotecnologia 30: 950-954, 2006.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 146p, 2006.
- CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, 23(5), 618-622, 2000.
- CARVALHO, J. R. F., LIMA, A. C. M., COUTINHO, N. B., FERNANDES, L. L. Efeito dos impactos do meio urbano na qualidade da água de canais naturais: o caso do canal São Joaquim. **Urbanização e Meio Ambiente**. Ed. UNAMA, Belém, 2012.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05**. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, SEMA, 2005.
- CUNHA, H. F. A. et al. Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões de legislação. **Revista Ambiente & Água**, v.7, n.3, p. 155-165, 2012.
- DANIEL, A. L. et al. **Métodos alternativos de desinfecção da água**, processo de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável, São Carlos - SP, Brasil, 2001.

- DUARTE, P. B. **Microrganismos indicadores de poluição fecal em recursos hídricos**. 2011. 52 f. Monografia (Especialização em Microbiologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- EMILIANI, F.; GONZÁLES, S. M. P. Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated enviromental variables. **Revista Argentina de Microbiologia**, Buenos Aires, v.30, p. 30-38, 1998.
- GISELLI, G. **Avaliação da Qualidade das Águas Destinadas ao Abastecimento Público na Região de Campinas: Ocorrência e Determinação dos Interferentes Endócrinos (IE) e Produtos Farmacêuticos e de Higiene Pessoal (PFHP)**. Tese de Doutorado - Curso de Doutorado em Química - UNICAMP, Campinas SP, ano 2006.
- GUERRA, N. M. M.; OTENIO, M. H.; SILVA, M. E. Z.; GUILHERMETTI, M.; NAKAMURA, C. V.; NAKAMURA, T. U.; DIAS FILHO, B. P. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Sci. Biol. Sci.** v.28, n.1, p.13-18, 2006.
- HORBE, A. M. C. et al. Contribuição à hidroquímica de drenagens no município de Manaus-AM. **Acta Amazônica**, v.35, n.2, p.119-124, 2005.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística Médica-Sanitária de 2005**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 15 de abril de 2016.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2014. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 15 de abril de 2016.
- KUNZLER, J. C. S.; BARBOSA, F. A. R. Recursos Hídricos Superficiais. In: ADAMY, A. (Org.). **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM. cap. 5, p. 79-92, 2010.
- LEITE, N. K. **Biogeoquímica do Rio Ji-Paraná, Rondônia**. Piracicaba: USP. Dissertação de Mestrado (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), Universidade de São Paulo, 2004.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.
- LIMA, J. E. F. W; FERREIRA, R. S. A; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. Em: **Estado das águas no Brasil: Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. páginas 73 a 82, ano 1999.

- LOPES, F. W. A; MAGALHÃES JR, A. P. **Avaliação da qualidade das águas para recreação de contato primário na bacia do alto rio das velhas, Minas Gerais.** Avaliação of recreational water quality of primary contact in the das velhas river basin high, Minas Gerais-Brazil. Hygeia, v. 6, n. 11, 2011.
- MACÊDO J. A. **Águas & Águas.** 2. ed. Atual e rev São Paulo, 2004.
- MARTINS, T. C. **Análise laboratorial de diferentes marcas de águas minerais comerciais.** Projeto de Trabalho Final de Graduação -Faculdade Dinâmica de Cataratas. Foz do Iguaçu, 2010.
- MATTOS, M. L. T., SILVA M. D. **Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, comunicado técnico 61, 2002.
- MORAIS, R. C. S.; SILVA, C. E. **Diagnóstico ambiental do balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí.** Engenharia Sanitária Ambiental. v.17, n.1, Janeiro/Março. 2012.
- MOREIRA, J. P. P. C.; SOUZA, E. A.; ANDRADE, L. R; BELL, A. R; MARCHETTO, M. A pecuária extensiva e os impactos ambientais na bacia do rio Machado - região amazônica. – In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande. **Anais...** p. 1-17, 2009.
- MOTTA, M. R. A.; BELMONTE, M. A.; PANETTA, J. C. Avaliação microbiológica de amostras de carne moída comercializada em supermercados da região oeste de São Paulo. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.14, n.78/79, p.59-62, 2000.
- OTTOBELLI, I. et al. Estudo físico-químico e microbiológico da água dos rios e igarapés da bacia do rio Madeira. IN: **Anais do I Congresso Internacional Piatam Oeste: Implantação na Amazônia Ocidental.** Fundação Universidade Federal de Rondônia/Centro de Pesquisas da Petrobras. Porto Velho/RO, 2006.
- PENA, R. F. A. “Conflitos pela água no mundo”; **Brasil Escola.** Disponível em < <http://brasilecola.uol.com.br/geografia/conflitos-pela-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em 01 de abril de 2016.
- PEREIRA, A. P. B. et al. Monitoramento da qualidade microbiológica e fatores de risco de contaminação da água de consumo de creches de um município da região oeste de São Paulo. **Revista Higiene Alimentar.** São Paulo: V.22; 1.ed. p.17-21, out. 2008.

POMPEU, P. P.; ALVES, M. C. B.; CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. **American Fisheries Society**, 2004.

REGO, N. A. C., BARROS, S. R., DOS SANTOS, J. W. B., Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encantada, Ihéus – BA. **Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 4, n.1, p. 55-69, 2010.

ROLNEWS. Rio Machado recebe todo o esgoto do Bairro Bela Vista. 08 de agosto de 2011. **Website Rolnews**. Disponível em: <<http://www.rolnews.com.br/index.php?pag=noticia-ler&id=1080>> Acesso em 16 mai. 2014.

ROSS, J. L. S. **A Sociedade Industrial e o Ambiente**. In: Jurandyr Luciano Sanches Ross. (Org.). Geografia do Brasil. São Paulo: EDUSP, 4 ed., 2003.

SAE – SISTEMA DE ÁGUA E ESGOTO. **Potabilidade – a qualidade da água que se bebe**, 2013. Disponível em: <http://www.jurere.com.br/sae/potabilidade.htm>. Acesso em: 01 de abril de 2016.

SALGUEIRO, A. A. et al. Fatores de risco de contaminação na água para consumo humano. **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo: V.22; 1.ed p. 81-85, out. 2008.

SEDAM – Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental; **Boletim Climatológico de Rondônia**. Governo do Estado de Rondônia, Porto Velho, Brasil, 2002.

SEDAM - **Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental**. Decreto nº 7903, de 01 de julho de 1997 que regulamenta a Lei nº 547, de 30 de dezembro de 1993. Constituição do estado de Rondônia, Brasil. Disponível em:<www.sedam.ro.gov.br/arquivos/arquivos/13-06-13-13-51-01dec79031997.pdf>. Acesso em 04 de abril de 2016.

SILVA, A. B. A.; UENO, M. Qualidade sanitária das águas do Rio Una, São Paulo, Brasil, no período das chuvas. **Revista Biociências**, UNITAU, v. 14, n. 1, out. 2008.

SILVA, A. I. M.; VIEIRA, R. H. S. F.; CARVALHO, F. C. T.; LIMA, A. S. Qualidade da água de poços destinada ao consumo humano, na cidade de Fortaleza, CE. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.19, n.134, p.70-74, agosto de 2005.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. Ital, Campinas, 99p. 2000.

- SOS Mata Atlântica. As bacias hidrográficas brasileiras. **Website do SOS Mata Atlântica**. Disponível em: < <http://www.rededasaguas.org.br/bacias-hidrograficas/bacias-brasileiras/>> Acessado em 31 de maio de 2014.
- SOUZA, R. M. G. L.; PERRONE, M. A. **Padrões de potabilidade da água**. 12p, 2000. Disponível em: <<http://cvs.sal.sp.gov.br/pvol2.html>>. Acesso em: 27 mar. 2015.
- SPERLING, M. V. **Princípios de tratamento biológico de águas residuais: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. V.1; 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H.; NEISS, U.G. e OLIVEIRA, M.Z. **Avaliação dos efeitos de fontes de poluição pontual sobre os macroinvertebrados bentônicos no arroio Peão, RS**. In: L. H. RONCHI e O. G. W. COELHO (eds.), Tecnologia, diagnóstico e planejamento ambiental. São Leopoldo, Editora Unisinos, p. 61-85. 2003.
- TORRES, J. L. R. et al. **Morfometria e qualidade da água da microbacia do ribeirão da Vida em Uberaba-MG**. Global Science and Technology. v. 2, n. 1. p. 1-9, 2009.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**, 8º edição, editora artmed, p.1. 2005.
- VASCONCELOS, U.; CALAZANS, G. M. T.; ANDRADE, M. A. G. de; MEDEIROS, L. V. Evidência do antagonismo entre *Pseudomonas aeruginosa* e bactérias indicadoras de contaminação fecal em água. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v.21, n. 140, p. 127-130, 2002.
- VICTÓRIA, D. C.; BALLESTER, M. V. R.; PEREIRA, A. R.. Balanço hídrico da bacia do Ji-Paraná (RO) por modelo hidrológico simples, espacialmente distribuído. In: **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE**, p. 2563-2569, 16-21 abril 2005.
- VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; Vol 1.240p, 2005.
- WILBERS, G. J.; BECKER, M.; NGA, L. T.; SEBESVARI, Z.; RENAUD, F. G. Spatial and temporal variability of surface water pollution in the Mekong Delta, Vietnam. **Science of the Total Environment**, v. 485-486, p. 653-665, 2014.

ZUFFO, E. C.; NASCIMENTO, F. G.; ABREU, M. A. F.; CAVALCANTE, N. I. **Caracterização da qualidade de águas superficiais em Rondônia**. Anuário do Instituto de Geociência – UFRJ. Rondônia, v. 36, p. 25-39, fev. 2013.

ZULPO, D. L., PERETTI, J., ONO, L. M., GARCIA, J. L. **Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste**, Guarapuava, Paraná, Brasil. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.27, n.1, p. 107-110, 2006.